

平均年龄31岁的“太极一号”铸星突击队完成一系列世界首创

# 探测引力波需成就“太极”境界

■本报首席记者 许琦敏

抱朴，守一，静极。

只有看到它在太空中的样子，才会觉得它与“太极”之名如此般配。

只有这样的静，才使它能够在宇宙太初黑洞合并时所泛起的、绵延至今的“时空涟漪”——引力波。

我国首颗引力波探测技术实验卫星“太极一号”8月31日发射升空，并于9月底宣布第一阶段在轨测试任务圆满完成，这标志着我国空间引力波探测迈出第一步。未来半年，它将在轨验证各种创新技术，为后续的“姐妹星”捕捉引力波探路。

### 太空中感知“时空涟漪”，实在太难了！

2016年引力波的发现，为人类推开了一扇认识宇宙的新窗口。爱因斯坦百年前预言的这扇“窗户”一经打开，立即引发一股全球物理学家探测引力波的热潮。

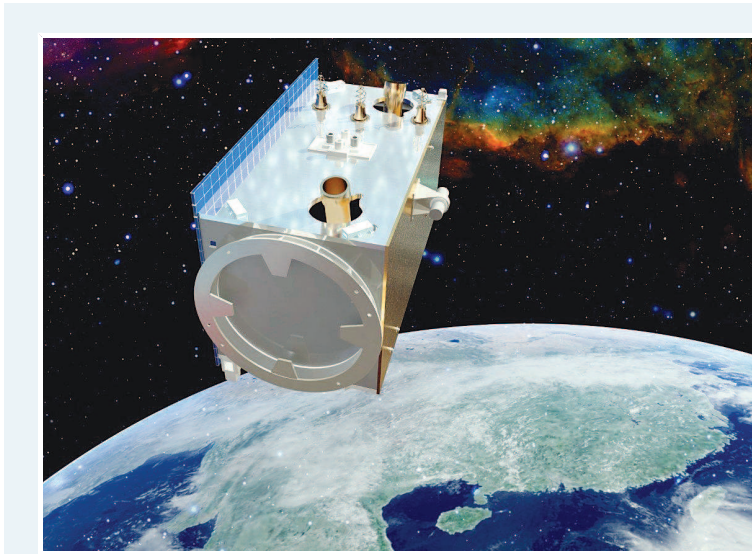
尽管大质量黑洞合并所引起的“时空涟漪”相当剧烈，但经过千亿年的时空穿越，现在要探测到它的存在，已十分困难——它所引起的波动只有 $10^{-15}$ 至 $10^{-20}$ 米，只相当于一个原子的尺度。

在地球上，受到重力影响，人类能够探测到的引力波事件十分有限。能否到太空中去寻找引力波的踪迹呢？早在上世纪九十年代，欧美科学家就提出了LISA项目，计划于2034年发射卫星——因为要实现空间引力波探测，有太多技术难题需要突破，实在太难了！

相对于纹丝不动的树叶和花朵，叶动花摇，让我们感知到空气在流动。那么什么现象可以让我们得以感知引力波这种时空涟漪的存在呢？

按照引力波测量原理，引力波经过时，会引起自由悬浮的两个测试质量块（理想情况下可以看做两个质点）之间的光程的变化，科学家们正是通过激光干涉仪来测量这个光程变化，从而反演引力波信号。

因此，这两个质点需要处于完全“自由悬浮”状态下，最好不受任何外力的影响。同时，卫星还要拥有极其



“太极一号”卫星研制团队平均年龄只有31岁，除了总指挥是60后，70后只有3人，80后有18人，甚至还有10位90后。他们经过整整一年努力拼搏，实现了卫星的如期交付。  
(中科院微小卫星创新研究院供图)

我国首颗引力波探测技术实验卫星“太极一号”8月31日发射升空，并于9月底宣布第一阶段在轨测试任务圆满完成，这标志着我国空间引力波探测迈出第一步。图为“太极一号”示意图。



灵敏的仪器设备，能够使测试质量块维持在一个高度平衡的状态；最好杜绝外界一切影响，诸如温度、速度等变化，哪怕监测到极其细微的变化，也能及时微调，确保探测器不受干扰。

随着近年来空间科学探索的飞速发展，我国科学家提出了“太极计划”，为人类文明进步贡献更多中国智慧。计划设想分三步走，最终实现在距离地球约5000万千米的绕日轨道上，布置三颗引力波卫星，它们相互距离300万千米，在这三颗卫星的中心放置两个测试质量块。

据“太极一号”首席科学家、中国科学院院士吴岳良介绍，引力波探测卫星要实现十分之一一个原子大小位移变化的精确测量，扰动加速度需控

制在亿分之一重力加速度的水平。

这显然不是中国目前的技术水平可以达到的，因此先设定一个“小目标”，即对核心技术的可行性和实现途径进行验证，继而形成在空间探测引力波的技术能力，这就是“太极一号”此行的任务。

### 一年挑战三五年的任务，真的做到了！

2018年8月，“太极一号”正式立项，研制卫星的艰巨任务交给了位于上海浦东张江科学城的中国科学院微小卫星创新研究院。

这个成立只有十几年、仅600多人的研究院，迄今已成功完成“北斗

“墨子”“悟空”等百余颗卫星的总体研制任务。不过，当接到“太极一号”的任务书时，科研人员还是不禁倒吸了一口凉气：他们只有一年时间！

即使在轨时间不长的空间科学卫星，一般的研制周期也需3到5年。根据标准流程，方案完成先要做初样样机，最后才是能够上天的正样。一年时间仅仅够做方案啊！

怎么办？院领导精挑细选，组建起一支“铸星突击队”：由经验丰富的60后骨干余金培担任卫星系统总指挥，成功设计过“悟空”暗物质卫星的李华旺担任卫星总设计师，副总设计师曹金和蔡志鸣都是1985年左右出生的青年技术骨干，团队中还有不少人是第一次担任主任设计师，有的甚至刚

从大学毕业。整个团队平均年龄只有31岁，除了总指挥是60后，70后只有3人，80后有18人，甚至还有10位90后。

就算年轻人能突击、能加班，这一年时间怎么够？不能力敌，还需智取。团队骨干经过反复斟酌后，决定优化流程：在保证卫星质量的前提下，将原先“方案—初样—正样”的三步走，直接变成了“方案—正样”。

余金培说，这绝不是偷工减料。团队针对任务进度紧等特点，优化传统航天工程的做法，引入数字仿真分析代替试验测试，串行流程改适度并行流程，加强星载软件重构能力，尽量采用型谱化成熟货架产品等，将有限的精力用在刀刃上，终于啃下最

硬的技术“骨头”。

整整一年，这支团队几乎每天工作16至18小时，只在春节休息了三天。当他们如期交付卫星时，吴岳良激动得热泪盈眶：“我从没想过能按时交付。没想到，你们真的做到了！”

完全没有活动部件的整星，静、稳、准！

静、稳、准，是“太极一号”最大的三个特点，也意味着最苛刻的技术指标。

由于引力波引起的物体位移比一个原子直径还小，因此测试质量块“动作”幅度必须比这更小。别说重力，哪怕太阳光压、宇宙射线，对它来说影响都太大了。热胀冷缩更是更不得，连卫星里的机械、电磁活动，都要一律避免。而且，还需要有极其灵敏的仪器负责发现并及时纠正这些偏差。

这真是“静”出了“太极”的境界。为此，“太极一号”采用了在轨无拖曳控制、微推力技术等一系列世界首创的测量和控制新技术。

为确保高精度，“铸星突击队”设计出了完全没有活动部件的整星——没有外展的太阳能帆板、没有热管、任务段无滑轨控制或电磁控制部件，以确保对测试质量块的影响在地球重力的十亿分之一以下。同时，他们采用高精度热控，确保测试质量块的温度变化不超过千分之四摄氏度。

由于地面上根本找不到测试环境，“太极一号”就带着这些新设备到距离地面600千米的微重力轨道进行验证。

9月底，“太极一号”第一阶段在轨测试和数据发布对外发布，结果令人振奋——

激光干涉仪位移测量精度达到百微米量级，百微米仅相当于一个原子直径的大小；

引力参考传感器测量精度达到地球重力加速度的百分之一量级，这意味着可以测出一只蚂蚁推动“太极一号”卫星产生的加速度；

微推进器推力分辨率达到亚微牛量级，这表示可精细调节一粒芝麻重量的万分之一大小的推力。

中国科学院院士、“太极一号”卫星工程总师王建宇表示，“太极一号”实现了我国迄今为止最高精度的空间激光干涉测量，成功进行了我国首次在轨无拖曳控制技术试验，并在国际上首次实现了微牛级射频离子和双模霍尔电推进技术在轨验证，为我国在空间引力波探测领域率先取得突破奠定了基础。

然而，目前达到的测量精度离最终目标还相差了四五个数量级。余金培说，只要国家把任务交给他们，就一定会竭尽全力，迎接一切挑战。

## “免疫药+靶向药”强强联合对晚期肺癌控制率达100%

# 中国自主创新抗癌药取得突破

本报讯（首席记者唐闻佳）“令人难忘！”“十分有意义的探索！”记者从上海市胸科医院获悉，在日前召开的世界肺癌大会上，上海市胸科医院连续发布两项国产肺癌新药研究成果，因相比传统治疗方法疗效显著提升，结果公布后引发强烈反响，标志着中国自主创新抗癌药再获突破。相关领域专家表示，近期将进一步扩大临床研究范围，争取早日惠及更多患者。

这两项研究分别是由胸科医院呼吸内科主任韩宝惠教授领衔的“信迪利单抗联合安罗替尼作为晚期非小细胞肺癌一线治疗疗效和安全性”研究，以及胸科医院肿瘤科主任陆舜教授领衔的“国产第一类新药第三代EGFR-TKI奥美替尼在二代EGFR-TKI治疗耐药后晚期非小细胞肺癌患者中的应用”研究。两项国产免疫、国产靶向药物研究成果对无数深受晚期肺癌折磨的患者来说，既意味着更好的治疗效果，又看到了减轻经济负担的曙光。

信迪利单抗是我国自主研发的创新PD-1免疫抑制剂，安罗替尼则是我国自主研发的，已获批上市的新型靶向药物。上海市胸科医院是安罗替尼新药上市前临床研究阶段的牵头单位，韩宝惠教授是安罗替尼上市前临床试验研究的领衔者。



上海市胸科医院的两款国产肺癌新药将进一步扩大临床研究范围，以期早日惠及更多患者。  
(胸科医院供图)

“在这次‘国产免疫药+国产靶向药’的联合研究中，我们欣喜地发现，它对晚期肺癌患者疾病的客观缓解率高达72.7%，疾病控制率高达100%，且安全性良好。这种强强联合的组合拳方法，让我们看到破解晚期肺癌治疗手段局限和困境的新方向。”韩宝惠教授称，即将启动更大样本量的深入研究，希望能为更多晚期肺癌患者延长生存、提高生活质量带来新希望。

奥美替尼则是我国国产靶向新药，陆舜主任领衔的二代EGFR-TKI临床研究为国际多中心、开放性研究贡献了来自中国的宝贵数据。该研究显示，对EGFR-TKI一代或二代产生耐药后的晚期肺癌患者，如果其基因检测中

显示EGFR T790M有阳性突变，奥美替尼能带来良好的疗效，其客观缓解率高达68.4%，疾病控制率高达93.4%，且安全性良好。

“一代EGFR药物治疗后的耐药问题是国际性难题。这次我们的研究发现，奥美替尼在耐药性和安全性上均有优异表现，非常令人振奋。接下来，我们将进一步验证大剂量奥美替尼在脑转移的非小细胞肺癌患者中的疗效。此外，相关三期临床研究也已完成入组。”陆舜教授称，希望由此达成的努力能在一定程度上缓解靶向药物耐药对病人的伤害，让晚期肺癌“慢病化”成为现实。

近年来，上海市胸科医院在国产自主研发领域的收获不止于新药。上海市胸科医院近期推行的“左束支起搏器治疗心衰”和“肺部小结节新型定位技术”就是对原有手术方式的自主改良。上海市胸科医院心内科主任医师、起搏器亚专科主任李若谷介绍，和以往的起搏器安装相比，“左束支起搏器治疗心衰”这一改良技术对医生操作精准度提出了更高要求，国内能开展该技术的医疗结构凤毛麟角。目前，该团队已完成上百例临床案例，其调整患者心律的作用非常明显，远优于传统起搏器。

心脏中心，一场病例讨论如期而至。心胸外科、重症医学科、放射科、麻醉科、先心病外科、护理等各领域专家参与，随后，设于该医院内的上海市结构性心脏病虚拟现实工程技术研究中心的生物医学工程师，带来了为9名单心室患儿量身定制的三维“心脏”，用于专家们模拟手术过程，制定最优手术方案。

9月23日至25日，首批三名符合手术指征的患儿接受了“单心室转化为双心室”手术。此次手术专家组组长由上海儿童医学中心教授刘锦沛、张海波、郑景浩共同担任。每位患儿的手术平均时间为6至8小时，三台手术对心外、麻醉、体外循环、影像、护理等学科间的合作提出极高挑战，手术过程中相当于把先心病治疗领域的绝大多数高难度手术进行了叠加再升级，难度可见一斑。

目前，三名患儿手术已全部成功。张海波表示，该项世界顶尖手术技术的成功实施，标志着上海儿童医学中心将国内复杂先心病技术的目录进一步拓展，难度系数已超过大多数发达国家，今后将通过国家儿童医学中心的平台进行技术推广，也将向医院“一带一路”沿线合作伙伴开放，惠及广大患者。

### 从姑息修补到再造心脏，给宝宝一颗完整的心

# 上海医生“双心室拯救计划”成功挑战世界手术技术巅峰

本报讯（记者唐闻佳 通讯员姜蓉）“双心室拯救计划”是国际医学界针对功能性单心室患者提出“建立双心室”的更高要求手术方案，也是当下小儿心脏外科领域最高难度系数手术，仅有少数发达国家的个别医生掌握。日前，国家儿童医学中心—上海儿童医学中心发布消息称，该院已接连完成三台“单心室转化为双心室”手术，一台手术平均耗时6到8小时，这是中国医生首次独立完成该手术。

不久前，由上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心主办的第九届上海儿童心

血管病大会上，来自中国、美国、加拿大、澳大利亚等多国的数十位小儿心血管专家，就当前复杂先天性心脏病手术病例进行了激烈讨论。其中，“能否采用新观念、新技术使得功能性单心室患者恢复双心室循环的可能性”成为主要议题。

功能性单心室是一种非常罕见的先天性心脏病，这样的孩子只有一个心室或异常复杂的不确定心室，常常会出现严重的缺氧或充血性症状。即使接受手术，这些孩子到20岁左右仍可能出现肝脏纤维化和慢性心衰。

目前对功能性单心室患儿的传统治疗

方法主要就是接受姑息修补手术，但患儿长期预后仍不理想。随着现代医学模式的转变以及技术革新，为提高生存时间和生存质量，世界儿童先天性心脏病学会以及发达国家的的心脏学会都陆续提出了“双心室拯救计划”，即从传统意义上的“单心室姑息修补”向更高难度系数的“建立双心室”转换。在本次上海会议期间，国际讨论亦一致认为，唯有“建立双心室”，才是更高层次上的心脏重生。

代表中国最高先心病诊治水平的上海儿童医学中心决定向技术巅峰发起挑战。9月23日，在上海儿童医学中心的心

■本报记者 沈淑莎

人工智能(AI)时代，传统教育面临一系列挑战。“摸着石头过河”的AI教育路在何方？在日前举行的第二届全国青少年人工智能科普教育大会上，专家提出要构建AI教育的“方法论”，其核心就是以教师为主体的工业化教育，转变为以学生为主体的个性化教育。可以预见，在AI时代，“会提问”比“会解题”更重要。

### 人工智能已能在“题海战术”面前得心应手

如果你的对手24小时都在如饥似渴地学习，你能战胜他吗？人工智能就是这样一种存在。上海交通大学人工智能研究院常务副院长杨小康表示，当前，人工智能主要由算法、算力、大数据三部分构成，若将它比作一名学生，它具有全天候“勤奋”、记忆力超群、响应迅速等特点，这些让它在“题海战术”面前得心应手。

几年前，AI已在围棋、德州扑克等领域展现了超群实力。在应试方面，2017年，国家863“超脑计划”项目研制的AI-Maths高考机器人的表现也令人吃惊：在掐断题库、断网、无人干涉的情况下，它通过综合逻辑推理平台进行解题，10分钟答卷，分数达到105分，目前成绩已稳定在136分。“按这个速度成长，如不改变出题思路，明年它有望考上清华、北大。”杨小康说。

传统应试教育以考核知识点为主，在这方面，人类在AI面前毫无优势可言。以当下的语文教学为例，老师大多注重单个词语、句子和语法的解析，忽略了语言所承载的思维方式。一些看似优美的文章，实则为辞藻堆砌，一些孩子虽然背诵了大量经典作文模板，但并没有建立起独立思考 and 准确表达的能力。

“这些孩子的语言水平与市面出现的写作机器人相当，都能蒙上几句优美词句、开几个无厘头的玩笑。”杨小康说，所谓写作机器人就是建立在字、词、语法的计算模型基础上，其写作速度比“七步成诗”的曹植还快。

### 未来，谁来给人工智能“布置任务”？

在杨小康看来，未来一半以上的工作将由人机协同完成。当下，不少学校已开设人工智能课程，让孩子提前认识AI，为将来的人机协同奠定基础。

这其中，有一种能力可能被许多人忽视，那就是人工智能“布置任务”的能力，这需要将现实问题转化为数学语言表达、建立相应的计算模型。比如，90多年前创立的“随机行走模型”，至今仍运用在金融、互联网链接等诸多领域，而它正来自于匈牙利数学家波利亚在疗养院散步时的一个“脑洞”——我在路上瞎逛，两次碰到同一个人的概率是多少？

如今，有多少孩子具备这样的思维能力呢？杨小康有些担心。他说，现行学科教育模式很大程度上更接近于人工智能的训练模式，大量的数学教育资源被用在“算”上；而在人工智能时代，随着强大的数学工具的出现，“算”的重要性在降低，“教”的逻辑性在提升，从某种程度上说，谁能更早提出问题，就意味着谁能更早解决问题。

写诗机器人能够5分钟写出10首旧体诗词，但仍无法写作长篇大论，综合分析、提出问题的能力依然是人类特有的能力。面向下一代的人工智能课程，应发挥人类特长，改变传统的割裂的知识传递方式，让孩子建立起各种事物之间的广泛联系，这才是人类驾驭人工智能的有效途径。

## AI时代，『会提问』比『会解题』更重要